



(19)

Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 705 682 A1

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
10.04.1996 Patentblatt 1996/15

(51) Int Cl. 6: B29C 65/14, B29C 67/04

(21) Anmeldenummer: 95114417.9

(22) Anmeldetag: 14.09.1995

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
AT BE CH DE DK ES FR GB GR IE IT LI LU MC  
NL PT SE

(30) Priorität: 07.10.1994 DE 4435887

(71) Anmelder: FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT  
ZUR FÖRDERUNG DER  
ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V.  
D-80636 München (DE)

(72) Erfinder:

- Elsner, Peter, Dr.  
D-75271 Holzmaden (DE)
- Eyerer, Peter, Prof. Dr.  
D-76228 Karlsruhe (DE)
- Gelssler, Adam, Dr.  
D-76689 Karlsdorf-Neuthard (DE)

(74) Vertreter: Dipl.-Ing. Holner Lichti  
Dipl.-Phys. Dr. rer. nat. Jost Lempert Dipl.-Ing.  
Hartmut Lasch  
Postfach 41 07 60  
D-76207 Karlsruhe (DE)

### (54) Verfahren zum thermischen Verbinden von Substraten aus Polymeren

(57) Zum Verbinden von wenigstens zwei Substraten aus thermoplastischen Polymeren wird vorgeschlagen, daß wenigstens ein Substrat zumindest an der Grenzfläche zum anderen Substrat wenigstens be-

reichsweise mit einem mikrowellenabsorbierenden Medium beschichtet wird und daß die Substrate unter Kontakt ihrer Grenzflächen in einem Mikrowellenfeld miteinander verschweißt werden.

EP 0 705 682 A1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum thermischen Verbinden von wenigstens zwei Substraten aus Polymeren mittels Mikrowellenenergie unter Verwendung eines mikrowellenabsorbierenden Mediums.

In der Kunststofftechnik spielt das Verbinden von Substraten aus Kunststoffen eine bedeutende Rolle. Bei solchen Substraten kann es sich um dreidimensionale Formkörper, wie Gieß-, Spritzgießteile, Extrusionsteile, um räumlich geformte Vorprodukte, wie Haufwerke, z.B. Granulate und Pulver, um flächige Formteile, wie Platten, Folien, oder schließlich um faserige Formteile handeln. Soweit diese Substrate aus duroplastischen Polymeren bestehen, kommen vornehmlich das mechanische Fügen oder das Verkleben mit oder ohne Zugabe von Lösungsmittel in Frage, bei thermoplastischen Polymeren kommt das Schweißen bzw. Verschmelzen hinzu, da bei Temperaturen wenig oberhalb der Erweichungs- bzw. Schmelztemperatur nur der Molekülverband gelockert, aber nicht geschädigt wird und sich beim Abkühlen wieder rückbildet. Als Schweißverfahren kommen das rein thermische Schweißen oder das Hochfrequenzschweißen in Betracht. Diese Verfahren erfordern eine sehr exakte Temperaturführung, um den Molekülverband nicht nachhaltig zu schädigen. Sie führen auch nur bei bestimmten Werkstoffpaarungen von zueinander "affinen" Polymeren zu befriedigenden Ergebnissen. Auch ist es nicht oder nur mit großem Aufwand möglich, Substrate unterschiedlicher Form, z.B. räumliche und flächige, miteinander zu verschweißen. Bei größeren Volumina der miteinander zu verbindenden Substrate, z.B. eines granularen Haufwerks zu einem räumlichen Formkörper - in diesem Fall ist eher von Sintern als von Schweißen zu reden - ergibt sich eine lange Prozeßdauer, da das gesamte Volumen bei nur mäßiger Wärmezufuhr von außen auf Schmelztemperatur gebracht werden muß. Hier greift man deshalb meist zu Klebstoffen.

Es ist auch schon vorgeschlagen worden, Kunststoffe mittels Mikrowellenenergie zu verschweißen. So ist es bekannt (US 5 338 611), zwischen die Grenzflächen der Substrate eine mit mikrowellenabsorbierendem Ruß gefüllte Folie aus einem mit dem Kunststoff der Substrate mischbaren Polymer einzulegen und den Werkstoffverbund in ein Mikrowellenfeld einzubringen. Mit der Folie wird in die Verbindung ein zusätzlicher Kunststoff eingebracht, der für die Herstellung der Verbindung an sich nicht notwendig ist und somit einen unnötigen Kostenfaktor darstellt. Dies schlägt insbesondere zu Buch, wenn es sich um hochwertige Kunststoffe handelt. Hinzukommen die Kosten für die Herstellung dieser gefüllten Folie. Schließlich lassen sich mit dieser Methode bestimmte Substrate, z.B. Granulate oder andere partikelförmige Kunststoffe, überhaupt nicht miteinander verbinden.

Bei einem anderen bekannten Verfahren zur Herstellung von Verpackungen (DE 40 24 373) werden mikrowellenabsorbierende, oxidkeramische Partikel auf

der den zu verbindenden Flächen abgekehrten Seite der Substrate angeordnet. In diesem Fall muß die an der Verbindungsstelle zu erzeugende Schmelzwärme durch das Substrat hindurchgeleitet werden mit dem zwangsläufigen Ergebnis, daß das Substrat in seiner gesamten Ausdehnung aufgeschmolzen wird. Abgesehen von der auf Folien oder dünnen Platten beschränkten Anwendungsmöglichkeit und dem unnötig hohen Energiebedarf, kommt es aufgrund des Durchschmelzens des Substrates zu unerwünschten Änderungen der technisch-physikalischen Eigenschaften. Bei Kunststoffen, die nach Überschreiten der Schmelztemperatur ihre Molekularstruktur irreversibel ändern, kann dieses Verfahren überhaupt nicht angewandt werden.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, das eingangs genannte Verfahren dahingehend weiterzuentwickeln, daß Substrate beliebiger Form aus Polymeren auf einfache und schnelle Weise miteinander verbunden werden können.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß wenigstens ein Substrat zumindest an der Grenzfläche zum anderen Substrat wenigstens teilweise mit dem mikrowellenabsorbierenden Medium unmittelbar beschichtet wird und daß die Substrate unter Kontakt dieser Grenzflächen in einem Mikrowellenfeld miteinander verschweißt werden.

Thermoplastische wie auch duroplastische Polymere sind gegen Mikrowellen im wesentlichen durchlässig. Es tritt allenfalls bei längerer Einwirkung eine molekulare Schädigung auf. Erfindungsgemäß wird eine Sensibilisierung durch oberflächiges Auftragen eines mikrowellenabsorbierenden Mediums vorzugsweise in flüssiger bis viskoser Form erreicht, in welchem die Mikrowellenenergie in Wärme umgesetzt und unmittelbar an die Grenzfläche des Substrates, das mit diesem Mittel beschichtet worden ist, sowie in die berührende Grenzfläche des anderen Substrates transportiert und führt dort zum Erweichen und Schmelzen der Polymere. Die Mikrowellenleistung wird in Abhängigkeit von den an der Verbindung beteiligten Polymeren so gesteuert, daß zumindest die gemeinsamen Grenzflächen Schmelztemperatur erreichen und miteinander verschweißen.

Das erfindungsgemäße Verfahren bietet vornehmlich folgende Vorteile:

- Da Polymere im wesentlichen mikrowellendurchlässig sind, können große Substrat-Volumina an ihren Kontaktflächen miteinander verbunden werden. Die Mikrowellenenergie wird gezielt nur an den Flächen, an denen sich das mikrowellenabsorbierende Medium befindet, in thermische Energie umgesetzt, so daß die Polymere auch nur dort in den Schmelzzustand übergeführt werden, ohne daß sie im übrigen in ihrer Molekularstruktur beeinträchtigt werden. Es sind auch keine weiteren Trägermedien notwendig, die zwischen die Grenzflächen eingelegt werden müssen.
- Selbst bei großen Volumina ist die "Schweißzeit" ex-

trem kurz, da die für den Schweißvorgang notwendige thermische Energie nicht transportiert werden muß, sondern am gewünschten Ort und nur dort unmittelbar erzeugt wird.

- Da ein Verschweißen nur dort stattfindet, wo sich das mikrowellenabsorbierende Medium befindet, kann die Schweißverbindung lokal begrenzt werden, also entweder bei großen Kontaktflächen auf diskrete Bereiche oder bei Substraten mit nur wenigen oder kleinen Kontaktflächen auf diese beschränkt werden. Im letztgenannten Fall können die Substrate oder eines von ihnen auf der gesamten Oberfläche mit dem mikrowellenabsorbierenden Medium versehen sein, die dann im Mikrowellenfeld zwar aufschmilzt, sich aber wieder zurückbildet, da ein Verschweißen nur an den Kontaktflächen stattfindet.
- Die Schmelztemperatur läßt sich durch Steuerung der Mikrowellenenergie, insbesondere aber auch wegen der kurzen Einwirkungsdauer sehr exakt einhalten, so daß sich einerseits eine Verbindung optimaler Festigkeit herstellen, andererseits jede molekulare Schädigung vermeiden läßt. Die zu erschmelzende Masse kann auf das für die Herstellung der Verbindung notwendige Minimum beschränkt werden.

In einer bevorzugten Ausführung des Verfahrens ist vorgesehen, daß die Substrate im Mikrowellenfeld unter mechanischem Druck wenigstens auf ihre Kontaktflächen miteinander verschweißt werden.

Durch den mechanischen Druck wird zunächst sichergestellt, daß das mikrowellenabsorbierende Medium im Kontaktbereich der Substrate bzw. dem dort vorhandenen Spalt gleichmäßig verteilt wird, sofern ein gleichmäßiger Auftrag nicht von vornherein vorhanden ist, zum anderen werden die Substrate im schließlich aufschmelzenden Bereich der Grenzflächen zusammengedrückt, so daß die Schmelze beider Substrate ineinander fließt und es nach dem Abkühlen zu einer homogenen, festen Verbindung kommt.

Je nach Struktur des Substrates kann das mikrowellenabsorbierende Medium nur im Bereich der Kontaktflächen wenigstens eines oder auch beider Substrate vollständig aufgetragen werden.

Eine andere Variante zeichnet sich dadurch aus, daß wenigstens ein Substrat aus einem für das mikrowellenabsorbierende Medium penetrationsfähigen Polymer besteht. In diesem Fall dringt also das mikrowellenaktive Mittel zumindest oberflächennah in das Polymer ein und entfaltet seine Wirkung im Mikrowellenfeld nicht nur an der Grenzfläche, sondern auch in der Tiefe der Oberfläche.

Das mikrowellenabsorbierende Medium können die Kontaktflächen der Polymere benetzende Flüssigkeiten, z.B. Alkohole oder Öle sein. Vorzugweise aber enthält das Medium Ruß, der lediglich angefeuchtet ist. Hierdurch läßt sich vor allem die Schweiß- bzw. Sinterzeit

auf ein Minimum reduzieren, da eine schnelle Umwandlung der Mikrowellenenergie in thermische Energie stattfindet. Ein weiterer positiver Effekt ist folgender: Aufgrund der Plättchenstruktur von Ruß einerseits und der Oberflächenspannung der Polymerschmelze andererseits sinken die Rußpartikel in die Schmelze ein, so daß sie das Verfließen der Schmelze im Bereich der Kontaktflächen nicht behindern, Fehlstellen in der Verbindung also nicht entstehen. Sind die Substrate nicht nur im Bereich der gemeinsamen, miteinander zu verbindenden Grenzflächen mit dem mikrowellenabsorbierenden Medium beschichtet, wo die Rußpartikel am fertigen Produkt ohnehin nicht stören, so verschwinden sie auch in den übrigen Bereichen unter die Oberfläche, so daß sich deren ursprüngliche Beschaffenheit und Eigenschaften nach dem Abkühlen wieder einstellen. Durch das Absinken unter die Oberfläche wandert die eigentliche Wärmequelle in die Tiefe des Substrates, so daß die Schmelzfront entsprechend nach innen wandert, was für eine innige Verbindung der Substrate sorgt. Schließlich ist Ruß ein umweltfreundliches, gegebenenfalls vom Polymer auch leicht zu trennendes Material, so daß es keine zusätzliche Belastung beim Recycling der Polymere darstellt.

Die Schweiß- bzw. Sintertemperatur läßt sich, wie schon angedeutet, problemlos auf die Erweichungs- bzw. Schmelztemperatur der an der Verbindung beteiligten Polymere einstellen. Dies läßt sich dadurch erreichen, daß die Energie des Mikrowellenfeldes und/oder die Verweilzeit der Substrate im Mikrowellenfeld und/oder die Menge des mikrowellenaktiven Materials gesteuert wird.

Das Verfahren nach der Erfindung läßt sich bei Substraten unterschiedlichster Struktur ausführen. So kann wenigstens ein Substrat aus einer Folie oder aus Partikeln bestehen oder ein räumlicher Formkörper sein, der zur Gänze aus dem Polymer besteht oder lediglich mit einem solchen beschichtet ist. Insbesondere bietet das Verfahren die Möglichkeit, modale oder bimodale Substrate, also beispielsweise Granulate verschiedener Korngröße, aber auch Substrate unterschiedlicher Form, z.B. Granulate mit Folie oder Folie mit räumlichen Formkörpern oder solche Formkörper mit Granulaten, zu verbinden. Es lassen sich folglich auch Verbunde herstellen, die bisher nicht oder nur mit größtem Aufwand zu erzeugen waren. Nur beispielhaft sei erwähnt, daß beispielsweise auf einem räumlichen Formkörper, also einem beliebigen Werkstück, eine Dämpfungsschicht aus, gegebenenfalls geschäumtem, Granulat aufgebracht und dieses gegebenenfalls noch durch eine Folie abgedeckt werden kann. In diesem Fall kann es ausreichen, nur das Granulat mit dem mikrowellenabsorbierenden Medium zu beschichten, um im Mikrowellenfeld die Grenzflächen zwischen dem Granulat einerseits und dem Formkörper bzw. der Folie andererseits aufzuschmelzen.

In einer bevorzugten, aber wiederum nur beispielhaften Ausführung dient das Verfahren zur Herstellung

poriger Formkörper, indem modale oder bimodale, partikelförmige Substrate, z.B. Granulate verwendet werden, wenigstens ein Teil der partikelförmigen Substrate mit dem mikrowellenabsorbierenden Medium versetzt wird und mit dem restlichen Substrat gemischt und die Mischung unter Einwirkung von mechanischem Druck dem Mikrowellenfeld ausgesetzt wird.

Auf diese Weise lassen sich Filtermaterialien, Verpackungs- oder Dämmmaterialien aus sortenreinen und damit in einfacher Weise recyclebaren Polymeren herstellen. Auch hierbei wird der oben genannte Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens besonders augenfällig, indem bei kurzer Verweilzeit im Mikrowellenfeld große Volumina poriger Formkörper erzeugt werden können und in sämtlichen Volumenquerschnitten eine gleichmäßigen guten Verbindung der Partikel bzw. Granulate vorhanden ist.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum thermischen Verbinden von wenigstens zwei Substraten aus Polymeren mittels Mikrowellenenergie unter Verwendung eines mikrowellenabsorbierenden Mediums, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens ein Substrat zumindest an der Grenzfläche zum anderen Substrat wenigstens bereichsweise mit dem mikrowellenabsorbierenden Medium unmittelbar beschichtet wird und daß die Substrate unter Kontakt ihrer Grenzflächen in einem Mikrowellenfeld miteinander verschweißt werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Substrate im Mikrowellenfeld unter mechanischem Druck wenigstens auf ihre Kontaktflächen miteinander verschweißt werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das mikrowellenabsorbierende Medium auf die Kontaktflächen des Substrates vollflächig aufgebracht wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens ein Substrat aus einem für das mikrowellenabsorbierende Medium penetrationsfähigen Polymer besteht.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß das mikrowellenabsorbierende Medium eine die Oberfläche des Substrates benetzende Flüssigkeit ist.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß das mikrowellenabsorbierende Medium Ruß enthält.
7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß als mikrowellenabsorbierendes Medium mit einer Flüssigkeit versetzter Ruß verwendet wird.
8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Ruß in der Flüssigkeit mit weniger als 1 Massen-% enthalten ist.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Temperatur an den Kontaktflächen der Substrate durch die Energie des Mikrowellenfeldes und/oder die Verweilzeit der Substrate im Mikrowellenfeld und/oder die Menge des mikrowellenabsorbierenden Mediums gesteuert wird.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens ein Substrat eine Folie ist.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens ein Substrat aus Partikeln besteht.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens ein Substrat ein Formkörper ist, der aus einem Polymer besteht oder mit einem solchen beschichtet ist.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12 zur Herstellung von porigen Formkörpern, dadurch gekennzeichnet, daß modale oder bimodale, partikelförmige Substrate verwendet werden, wenigstens ein Teil der partikelförmigen Substrate mit dem mikrowellenabsorbierenden Medium versetzt und dieser Teil mit dem restlichen Substrat gemischt und die Mischung unter Einwirkung von mechanischem Druck dem Mikrowellenfeld ausgesetzt wird.
14. Verfahren nach Anspruch 13 zur Herstellung von Filtermaterial aus Granulaten thermoplastischer Polymere.
15. Verfahren nach Anspruch 13 zur Herstellung von Verpackungsmaterial aus Granulaten der Polymere.
16. Verfahren nach Anspruch 13 zur Herstellung von mechanisch oder thermisch wirksamem Dämmmaterial aus Polymeren.



Europäisches  
Patentamt

# EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 95 11 4417

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (In.C.L.6)
X	GB-A-2 182 599 (POROUS PLASTICS LTD) 20.Mai 1987 * Beispiel 7 *	1-9, 11-16	B29C65/14 B29C67/04
X	FR-A-2 490 057 (APPLIC MICRO ONDES STE FSE) 12.März 1982 * Ansprüche 1,2,4-6 *	1-12 13-16	
X	DE-A-14 79 239 (FARBWERKE HOECHST AG, VORM. MEISTER LUCIUS & BRÜNING) 4.Juni 1969 * Ansprüche 1,6 *	1-16	
D,X	DE-A-40 24 373 (MAJER CHRISTIAN GMBH CO KG) 6.Februar 1992 * Ansprüche 1,2 *	1,2,9, 10,12	
P,X	DE-A-43 16 015 (AKZO NOBEL NV) 17.November 1994 * Ansprüche *	1,4	
X	US-A-4 376 005 (VITELLARO FRANK A) 8.März 1983 * Zusammenfassung; Abbildung 1 *	1,4	RECHERCHENBERICHT SACHGEBIET: (In.C.L.6) B29C
X	EUREKA (INC ENGINEERING MATERIALS AND DESIGN).. Bd. 12, Nr. 11, 1.November 1992 KENT GB, Seite 21 XP 000323359 'CONDUCTIVE POLYMERS SPEED PLASTIC WELDING' * Absatz 1 * * Absatz 8 *	1-3,10, 12	
X	GB-A-2 262 258 (COOKSON GROUP PLC) 16.Juni 1993 * Ansprüche *	1-3,9, 10,12	
-/-			
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenamt <b>DEN HAAG</b>		Abgeschlossen am <b>28.Dezember 1995</b>	
Kategorie der genannten Dokumente		Prüfer <b>Cordenier, J</b>	
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichttechnische Offenbarung P : Zwischenbericht		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorie oder Grundsatz E : älteres Patentelement, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführter Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument A : Mitglied der gleichen Patentfamilie, Abwärtswort	



Europäisches  
Patentamt

# EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 95 11 4417

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE				
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)	
A	EP-A-0 170 729 (FREUDENBERG CARL FA) 12. Februar 1986 * Ansprüche 1,6-8 *	1,6,9		
A	DE-C-886 511 (DYNAMIT-ACTIEN-GESELLSCHAFT VORMALS ALFRED NOBEL & CO.) 30. Juni 1938 * Ansprüche *	1,5-8		
A	US-A-3 461 014 (JAMES ALBERT L) 12. August 1969 * Spalte 14, Zeile 43 - Zeile 58 *	1,5-8		
A	US-A-3 391 846 (WHITE JEROME R) 9. Juli 1968 * Spalte 5, Zeile 59 - Spalte 6, Zeile 4; Anspruch 1 *	1,5,6		
A	DE-A-31 07 489 (VER ZUR FÖRDERUNG DES INST FU) 16. September 1982 * Ansprüche 1,8 *	13-16		
A	DE-A-28 51 612 (BOLDT WILFRIED) 12. Juni 1980 * Seite 3, Absatz 4-5 *	13-16		RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.6)
A	US-A-4 375 441 (ADAMS RICHARD C ET AL) 1. März 1983 * Ansprüche 1,14 *	13-16		
A	US-A-3 443 492 (PLEASS CHARLES M) 13. Mai 1969 * Anspruch 1; Abbildung 2 *	13-16		
A	GB-A-1 340 503 (BRICO ENG) 12. Dezember 1973 * Seite 1, Zeile 30 - Zeile 34; Anspruch 1 *	13-16		
-/-				
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt				
Recherchenort <b>DEN HAAG</b>		Abgeschlossen am <b>28. Dezember 1995</b>		
		Prüfer <b>Cordenier, J</b>		
<b>KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE:</b> X : von besonderer Bedeutung als Priorität betrachten Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technischer Hintergrund O : nicht schriftliche Offenbarung F : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patendokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : ein anderes Kriterium angeführtes Dokument G : Mitglied der gleichen Patentfamilie, überlappendes Dokument				

EPO FORM 120 (01/94) DE/CE



Europäisches  
Patentamt

# EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 95 11 4417

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)
A	FR-A-1 438 276 (ROYAL LUMIÈRE) 13.Mai 1966 * Anspruch 40; Abbildungen *	13-16	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.6)
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Erreichte		Abschluß der Recherche	
DEN HAAG		28. Dezember 1995	
		Freier	
		Cordenier, J	
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE			
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : alphabetische Offenbarung F : Fachzeitschrift		I : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument M : Mitglied der gleichen Patentfamilie, abendständiger Dokument	

EP 0 705 682 A1 (PUBL)

European application 0 705 682

## Description

The invention relates to a process for thermal bonding of at least two substrates made from polymers by means of microwave energy using a microwave-absorbing medium.

The bonding of substrates made from plastics plays a significant part in plastics technology. Such substrates may be three-dimensional mouldings, such as cast parts, injection-moulded parts, extruded parts, three-dimensionally shaped initial products, such as beds, for example granules and powder, laminar mouldings, such as plates, films, or finally fibrous mouldings. Provided these substrates consist of thermosetting polymers, mainly mechanical joining or adhering with or without addition of solvents are suitable, for thermoplastic polymers, welding or melting is added, since at temperatures slightly below the softening or melting temperature, the molecular bond is only loosened but not damaged and is reformed again during cooling. Purely thermal welding or high-frequency welding are suitable as welding processes. These processes require very precise temperature control in order not to permanently damage the molecular bond. Also they only lead to satisfactory results with certain material pairings of polymers which have "affinity" to one another. Also it is not possible or only possible with considerable expense to weld to one another substrates of different shape, for example three-dimensional and laminar. For larger volumes of the substrates to be joined to one another, for example a granular bed to a three-dimensional moulding – in this case sintering is mentioned rather than welding – a long process time is produced, since the entire volume has to be brought to melting temperature with only moderate heat supply from the outside. Therefore adhesives are used in most cases here.

It has also already been proposed to weld plastics by means of microwave energy. Hence, it is known (US 5 338 611) to place a film filled with microwave-absorbing carbon black and made from a polymer which can be mixed with the plastic of the substrates between the boundary surfaces of the substrates and to introduce the material composite into a microwave field. An additional plastic, which is not necessary for production of the bond per se and hence is an unnecessary cost factor, is



introduced into the bond with the film. This makes a difference in particular when they are high-grade plastics. The costs for the production of this filled film are added on. Finally, certain substrates, for example granules or other particulate plastics, cannot be joined to one another at all using this method.

In a further known process for producing packaging (DE 4 024 373), microwave-absorbing, oxide-ceramic particles are arranged on the side of the substrate facing away from the surfaces to be joined. In this case, the melting heat to be produced at the bonding point has to be passed through the substrate with the inevitable result that the substrate is melted over its entire breadth. Apart from the application possibility restricted to films or thin plates and the unnecessarily high energy requirement, there are undesirable changes in the technical-physical properties due to the melting of the substrate. This process cannot be applied at all to plastics which irreversibly change their molecular structure after exceeding the melting temperature.

The object of the invention is to further develop the process mentioned in the introduction to the effect that substrates of any shape made from polymers may be joined to one another in simple and rapid manner.

This object is achieved according to the invention in that at least one substrate is coated directly with the microwave-absorbing medium at least at the boundary surface with the other substrate at least in some regions, and in that the substrates are welded to one another in a microwave field by contact of these boundary surfaces.

Thermoplastic and also thermosetting polymers are essentially permeable to microwaves. At best molecular damage occurs during longer reaction. According to the invention, sensitising is achieved by surface application of a microwave-absorbing medium, preferably in liquid to viscose form, in which the microwave energy is converted into heat and is transported directly to the boundary surface of the substrate, which has been coated with this means, and into the contacting boundary surface of the other substrate, and leads there to softening and melting of the polymers. The microwave power is controlled as a function of the polymers participating at the bond so that at least the common boundary surfaces reach melting temperature and weld to one another.

The process of the invention offers mainly the following advantages:

- Since polymers are essentially microwave-permeable, large substrate volumes may be joined to one another at their contact areas. The microwave energy is converted into thermal energy specifically only at the surfaces at which the microwave-absorbing medium is situated, so that the polymers are also converted into the melt state only there without also being impaired as regards their molecular structure. Also no further support media, which have to be placed between the boundary surfaces, are necessary.
- Even for large volumes, the "welding time" is extremely short, since the thermal energy necessary for the welding process does not have to be transported, but is produced directly at the required site and only there.
- Since welding only takes place where the microwave-absorbing medium is situated, the welding bond may be locally defined, that is may be restricted either for large contact areas to discrete regions or for substrates with only few or small contact areas to the latter. In the last-mentioned case, the substrates or one of them may be provided with the microwave-absorbing medium on the entire surface, which medium then indeed melts in the microwave field, but is reformed again, since welding only takes place at the contact areas.
- The melting temperature can be adhered to very precisely by control of the microwave energy, but in particular also because of the short period of reaction, so that on the one hand a bond of optimum strength is produced, on the other hand any molecular damage can be avoided. The composition to be melted may be restricted to the minimum necessary for production of the bond.

In a preferred embodiment of the process, provision is made in that the substrates are welded to one another in the microwave field under mechanical pressure at least on their contact areas.

The mechanical pressure first of all ensures that the microwave-absorbing medium is uniformly distributed in the contact region of the substrates or the gap present there provided a uniform application is not present from the start, secondly the substrates

are pressed together in the finally melting region of the boundary surfaces, so that the melts of both substrates flow into one another and after cooling there is a homogeneous, solid bond.

Depending on the structure of the substrate, the microwave-absorbing medium may be applied over the whole surface only in the region of the contact areas of at least one or even both substrates.

A further variant is characterised in that at least one substrate consists of a polymer which can be penetrated by the microwave-absorbing medium. In this case, the microwave-active means thus penetrates into the polymer at least close to the surface and unfolds its effect in the microwave field not only at the boundary surface, but also deep in the surface.

The microwave-absorbing medium may be the liquids wetting the contact areas of the polymer, for example alcohols or oils. However, the medium preferably contains carbon black which is only moistened. Above all the welding or sintering time can thus be reduced to a minimum, since rapid conversion of the microwave energy into thermal energy takes place. A further positive effect is as follows: Due to the lamellar structure of carbon black on the one hand and the surface tension of the polymer melts on the other hand, the carbon black particles drop into the melt, so that they do not prevent flow of the melt in the region of the contact areas, flaws are thus not produced in the bond. If the substrates are coated with the microwave-absorbing medium not only in the region of the common boundary surfaces to be bonded to one another, where the carbon black particles do not interfere in any case with the final product, they also disappear below the surface in the remaining regions so that their original state and properties are readjusted after cooling. By dropping below the surface, the actual heat source moves deep into the substrate, so that the melt moves inwards corresponding to front, which ensures intimate bonding of the substrates. Finally, carbon black is an environmentally friendly material which is optionally also easy to separate from the polymer, so that it is not an additional burden during recycling of the polymers.

The welding or sintering temperature can be adjusted, as already indicated, in problem-free manner to the softening or melting temperature of the polymers participating in the bond. This can be achieved in that the energy of the microwave field and/or the residence time of the substrates in the microwave field and/or the quantity of microwave-active material is controlled.

The process according to the invention can be executed for substrates of the most different structure. Hence, at least one substrate may consist of a film or of particles or may be a three-dimensional moulding, which consists wholly of the polymer or is only coated with such a polymer. In particular the process offers the possibility of bonding modal or bimodal substrates, that is for example granules of different grain size, but also substrates of different shape, for example granules with film or film with three-dimensional mouldings or those mouldings with granules. Consequently, bonds can also be produced which hitherto could not be produced or only with the greatest expense. It should be mentioned only by way of example that, for example a damping layer made from, optionally foamed, granules may be applied to a three-dimensional moulding, that is any workpiece, and it may optionally also be covered by a film. In this case, it may be adequate to only coat the granules with the microwave-absorbing medium, in order to melt in the microwave field the boundary surfaces between the granules on the one hand and the moulding or the film on the other hand.

In a preferred embodiment, but in turn only by way of example, the process serves for producing porous mouldings, in that modal or bimodal, particulate substrates, for example granules, are used, at least one part of the particulate substrates is treated with the microwave-absorbing medium and mixed with the remaining substrate and the mixture is exposed to the microwave field under influence of mechanical pressure.

Filter materials, packaging or insulating materials of pure-type polymers and hence those which can be recycled in simple manner, can be produced in this manner. The above-mentioned advantage of the process of the invention thus also becomes particularly obvious, in that large volumes of porous mouldings may be produced with short residence time in the microwave field and equally good bonding of the particles or granules is present in all volume cross-sections.

## Patent claims

1. Process for thermal bonding of at least two substrates made from polymers by means of microwave energy using a microwave-absorbing medium, characterised in that at least one substrate is coated directly with the microwave-absorbing medium at least at the boundary surface with the other substrate at least in some regions, and in that the substrates are welded to one another in a microwave field by contact of their boundary surfaces.
2. Process according to claim 1, characterised in that the substrates are welded to one another in the microwave field under mechanical pressure at least on their contact areas.
3. Process according to claim 1 or 2, characterised in that the microwave-absorbing medium is applied over the whole surface to the contact areas of the substrate.
4. Process according to one of claims 1 to 3, characterised in that at least one substrate consists of a polymer which can be penetrated by the microwave-absorbing medium.
5. Process according to one of claims 1 to 4, characterised in that the microwave-absorbing medium is a liquid wetting the surface of the substrate.
6. Process according to one of claims 1 to 5, characterised in that the microwave-absorbing medium contains carbon black.
7. Process according to claim 6, characterised in that carbon black treated with a liquid is used as microwave-absorbing medium.
8. Process according to claim 7, characterised in that the carbon black is present in the liquid at less than 1 mass %.

9. Process according to one of claims 1 to 8, characterised in that the temperature at the contact areas of the substrate is controlled by the energy of the microwave field and/or the residence time of the substrates in the microwave field and/or the quantity of microwave-absorbing medium.
10. Process according to one of claims 1 to 9, characterised in that at least one substrate is a film.
11. Process according to one of claims 1 to 10, characterised in that at least one substrate consists of particles.
12. Process according to one of claims 1 to 11, characterised in that at least one substrate is a moulding which consists of a polymer or is coated with such a polymer.
13. Process according to one of claims 1 to 12 for producing porous mouldings, characterised in that modal or bimodal, particulate substrates are used, at least one part of the particulate substrates is treated with the microwave-absorbing medium and this part is mixed with the remaining substrate and the mixture is exposed to the microwave field under the influence of mechanical pressure.
14. Process according to claim 13 for producing filter material from granules of thermoplastic polymers.
15. Process according to claim 13 for producing packaging material from granules of the polymers.
16. Process according to claim 13 for producing mechanically or thermally effective insulating material from polymers.